

Juan Martín Díaz de Astarloa
Ezequiel Mabragaña

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMYC),
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)-Conicet

Los peces de aguas profundas

Los océanos cubren unos 360 millones de kilómetros cuadrados, o poco más del 70% de la superficie de la Tierra. Se estima que contienen en números redondos unos 1300 millones de kilómetros cúbicos de agua, lo que indicaría una profundidad promedio de unos 3600m. Pero, en la realidad, las profundidades oceánicas varían enormemente por lo accidentado del relieve del fondo marino, con cordilleras como la cresta o dorsal que corre de norte a sur por el medio del Atlántico, y fosas, como la de las Marianas, en el Pacífico occidental, en cuyo extremo sur se encuentra el punto más profundo conocido, a unos 11km de la superficie (24% más que la altura del Everest). En todo ese vasto volumen de agua viven peces, además de otros organismos, pero su densidad va disminuyendo a medida que se desciende a las profundidades.

Se habla de peces de aguas profundas para designar a los que habitan a más de 200m de profundidad. Hoy sus especies conocidas ascienden a entre 6000 y 8000, es decir, a entre el 10 y el 15% de la diversidad ictícola del mundo, la cual se estima en unas 55.000 especies. Sin embargo, las aguas en que viven tienen un volumen más de cien veces mayor que el ocupado por el resto de las aguas del planeta, si bien se trata de un ambiente inhóspito, con alta presión, bajas temperaturas, muy poco alimento y ausencia total de luz. No resulta extraño, entonces, que los peces de aguas profundas exhiban notables adaptaciones, que resultaron de millones de años de evolución natural, por las cuales logran sobrevivir en ese medio extremo.

Entre dichas adaptaciones se cuentan *fitóforos* u órganos luminiscentes, unas glándulas en cuyos extremos bacterias producen luz por medio de reacciones bio-

¿DE QUÉ SE TRATA?

¿Qué peces viven en las grandes profundidades del océano?
¿Qué características tienen para poder subsistir allí?

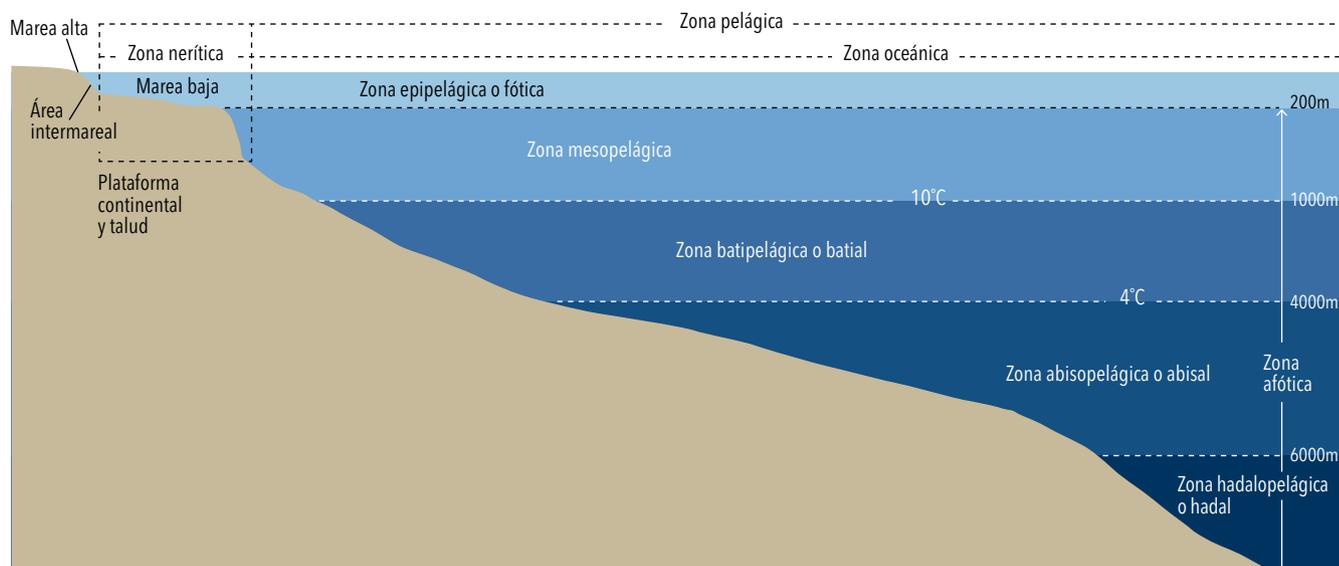


Diagrama sin escala de las zonas del océano. El área permanentemente cubierta por las aguas marinas se llama *zona pelágica* y se divide en la *zona nerítica*, que coincide con la plataforma continental y el talud, y la *zona oceánica*, mar adentro de la anterior. Se distingue también entre la *zona epipelágica o fótica*, en la que penetra la luz solar, y la *zona afótica*, en que no lo hace. Debajo de la segunda, se han definido otras cuatro: la *zona mesopelágica* (entre 200 y 1000m de profundidad), la *zona batipelágica* (entre 1000 y 4000m), la *zona abisopelágica* (entre 4000 y 6000m) y la *zona hadalopelágica* (más allá de los 6000m).

químicas. Igualmente, algunos disponen de mecanismos sensoriales para detectar las ondas de presión que generan otros animales al nadar. Así logran eludir predadores, comunicarse con congéneres y localizar y atraer tanto posibles parejas reproductoras como presas.

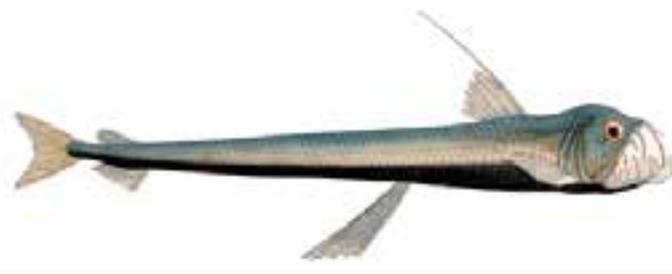
Las condiciones ecológicas extremas de las profundidades oceánicas han favorecido la *evolución por convergencia*, es decir, la aparición de estructuras anatómicas y fisiológicas similares en animales de diferentes líneas ancestrales. Por ejemplo, se advierten semejanzas en los ojos de invertebrados que viven en dichas profundidades, entre ellos calamares, y de peces vertebrados del mismo ambiente. Las adaptaciones que diferencian a los organismos de las profundidades oceánicas de las especies que habitan profundidades menores no solo abarcan su morfología y su fisiología, sino, también, su comportamiento.

De acuerdo con la ubicación de su hábitat en la columna de agua, los peces de aguas profundas pueden llamarse *mesopelágicos* si habitan entre los 200 y los 1000m, *batipelágicos* si lo hacen entre los 1000 y los 4000m, y *abisopelágicos* si lo hacen entre los 4000 y los 6000m, y *hadalopelágicos* si están entre los 6000 y los 10000m. Más allá de los 10000m, se habla de peces *hadales*. Si viven asociados con el fondo marino son llamados *bentopelágicos* y si están en contacto directo con este, *bentónicos*.

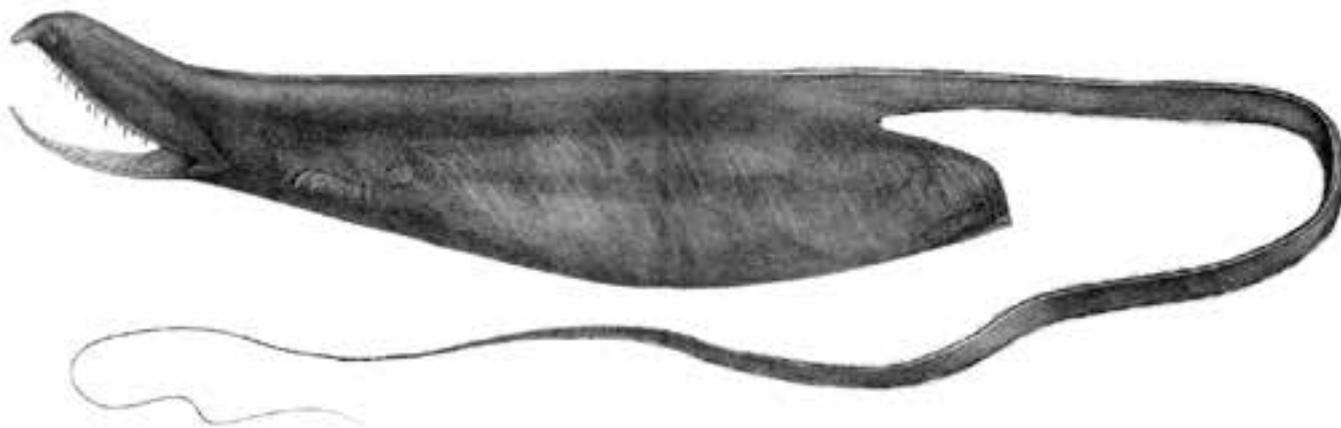
sales, si están entre los 4000 y los 6000m. Más allá de los 6000m, se habla de peces *hadales*. Si viven asociados con el fondo marino son llamados *bentopelágicos* y si están en contacto directo con este, *bentónicos*.

Algunas especies

El pez víbora del Atlántico (*Chauliodus sloani*) tiene un cuerpo con forma de anguila cubierto por gruesas escamas. Mide unos 30cm de largo. Su aleta dorsal, localizada en el tercio delantero de su parte superior, posee unos radios anteriores eréctiles, que, erguidos, permiten al pez aparentar mayor tamaño corporal. Sus mandíbulas, con dientes largos, agudos y afilados, se separan hacia arriba y adelante de las branquias cuando come, mientras que el corazón y los vasos sanguíneos lo hacen hacia abajo y atrás, una extrema expansión bucal que acomoda el paso de grandes presas. Su cuerpo es azul plateado, con intensas iridiscencias en el dorso y en los flancos.



Pez víbora del Atlántico (*Chauliodus sloani*). Radiografía de un espécimen del Museo de Historia Natural, Universidad de Copenhague (izquierda) y dibujo interpretativo de su aspecto. Mide unos 35cm de largo.



Tragón (*Saccopharynx ampullaceus*). Lámina del *Report on the scientific results of the voyage of HMS Challenger during the years 1873-1876*, Neill, Edimburgo, 1887.

El tragón (*Saccopharynx ampullaceus*) mide aproximadamente 1,60m. Tiene una boca enorme, con grandes mandíbulas dotadas de varias hileras de pequeños pero agudos dientecillos con los que sujeta presas que traga enteras. Estas pueden tener un volumen hasta superior al suyo y permanecen en el saco bucal del tragón antes de pasar a su estómago. Su cuerpo carece completamente de escamas, y su piel es muy oscura, casi negra, rasgo que comparte con un buen número de especies abisales.

El dragón de las profundidades (*Stomias boa boa*) mide unos 30cm de largo, tiene un esbelto cuerpo alargado, con numerosos fotóforos a lo largo del vientre, dientes largos y boca grande. Ascende verticalmente hasta los 200m durante la noche, es decir, hacia capas más superficiales del mar, donde se alimenta, y de día regresa a una profundidad de unos 1500m. Un largo barbillón filiforme que emerge de su mandíbula inferior le sirve como señuelo para atraer a sus presas. Tiene ojos grandes orientados hacia arriba con altas concentraciones de pigmentos fotosensibles en los bastones de la retina. Un ejemplar de pez dragón fue capturado a 3447m de profundidad en el cañón submarino de Mar del Plata, lo cual amplió considerablemente el rango batimétrico conocido de la especie.

La gran presión reinante en las profundidades oceánicas hace que los peces que las habitan tengan cuerpos blandos, algunos incluso gelatinosos, los cuales, por su capacidad de sufrir deformaciones, se adaptan mejor a la enorme presión del medio. Es el caso de los peces babosa (género *Paraliparis*), que tienen un esqueleto pobremente osificado, cuerpo desnudo sin escamas y carecen de vejiga gaseosa o flotatoria. La musculatura débil y dicho esqueleto proporcionan una flotabilidad neutra que compensa la ausencia de vejiga.

Otra característica de los peces de aguas profundas es que tienden a ser sedentarios, o a lo sumo de natación muy lenta. Suelen permanecer flotando a la espera de atrapar a alguna presa que provenga de aguas más superficiales en forma de lluvia de plancton, de restos

orgánicos, de heces de otros organismos, y ocasionalmente otros peces e invertebrados mesopelágicos.

Un caso curioso es el diablo marino o pez pelota (*Himantolophus* spp.) que muestra un acusado dimorfismo sexual, ya que los machos no superan los 12cm de largo y las hembras, con forma de globo, pueden alcanzar 1m. Los machos utilizan un olfato muy desarrollado para localizar a las hembras y, en ocasiones, actúan como parásitos que permanecen por toda la vida adosados por sus bocas a las de estas. En tales circunstancias, los órganos internos de los machos degeneran, excepto los testículos, que alcanzan más de la mitad de su tamaño corporal, mientras que desarrollan notablemente los órganos del olfato y la región encefálica que da origen a los nervios y los bulbos olfatorios, órganos que prácticamente se degeneran en las hembras. La mayor parte del cuerpo de las hembras corresponde a una enorme cabeza, de cuya parte superior emerge un filamento móvil con una ampolla luminiscente en su extremo, que el pez orienta



Dragón de las profundidades (*Stomias boa boa*). Mide unos 30cm de largo. Radiografía de un espécimen conservado en el Canadian Museum of Nature, Ottawa. Advértase la presa sin digerir que tiene en el estómago. Foto Joshua Rapp Learn

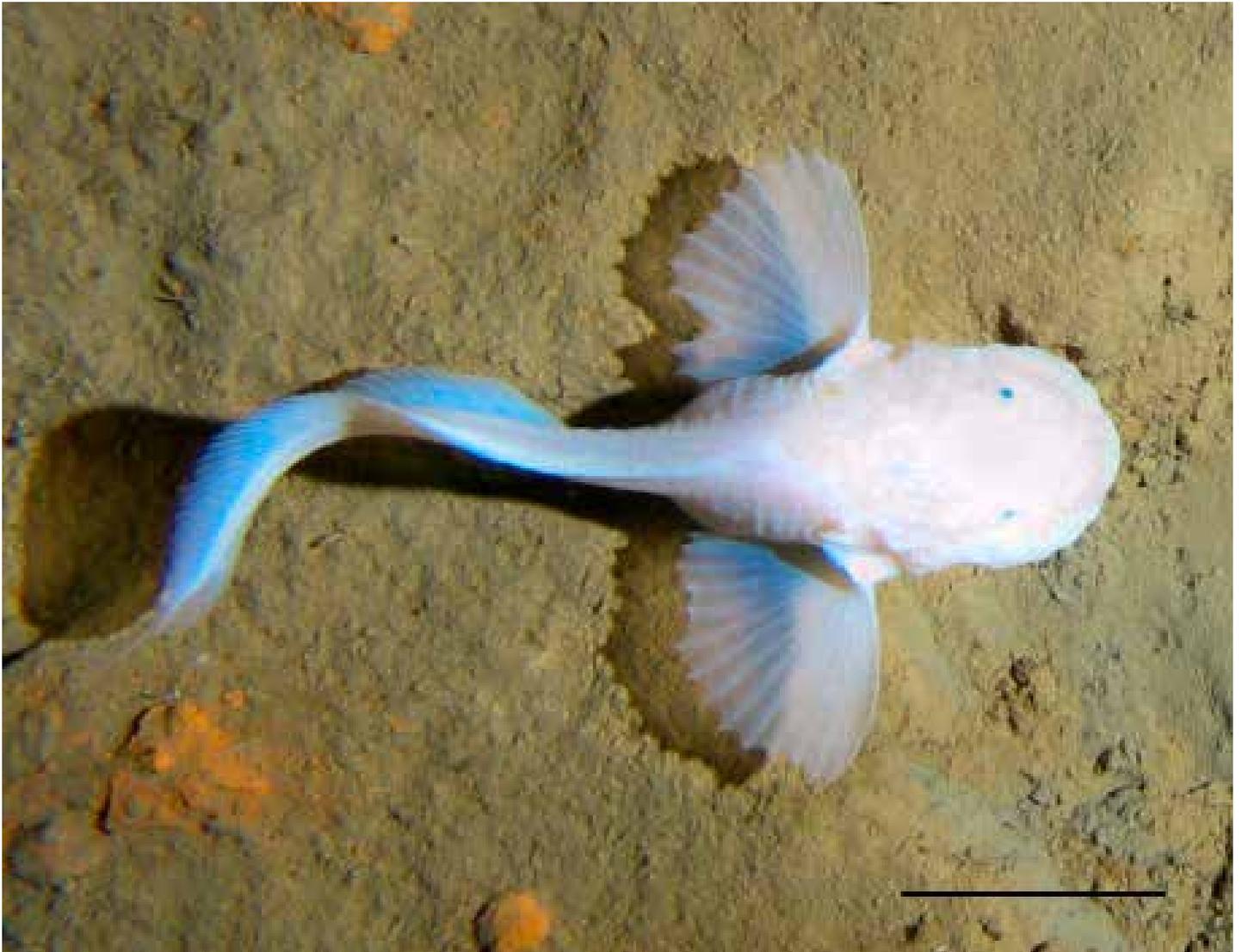


Hembra de *Lynophryne arborifera*. Espécimen del Museo de Historia Natural, Universidad de Copenhague. La barra que da la escala mide 4cm.

a voluntad. Esa luz móvil atrae a las presas, por lo general pequeños peces y crustáceos, que son devorados con su gran boca provista de dientes afilados.

El caso de *Linophryne arborifera*, que vive en la zona batipelágica, por debajo de los 1000m de los mares tropicales y subtropicales, se asemeja al anterior. Las hembras, de las que se han capturado ejemplares de unos 7cm de largo, son varias veces mayores que los diminutos machos, los cuales no exceden los 1,5cm y viven como parásitos de ellas, sujetos a su área ventral, en una relación simbiótica de la que estos obtienen su alimento y aquellas alcanzan la madurez sexual. Las hembras capturan presas con la ayuda de un apéndice luminoso en la cabeza (llamado esca) y de filamentos también luminosos ramificados a modo de barba que se extienden por debajo de su boca.

Esa clase de apéndice luminoso se observa igualmente en otro pez pelota, *Himantolophus appeli*, observado prin-



Pez babosa (*Pseudoliparis amblystomopsis*). En 2008, investigadores de las universidades de Aberdeen y Tokyo descubrieron un cardumen de esta especie a 7700m de profundidad. Foto Oceanlab, Universidad de Aberdeen. La barra que da la escala mide 4cm.



Himantolophus appeli. La barra que da la escala mide 4cm. Foto Ted Pietsch



Anoplogaster cornuta. La barra que da la escala mide 6cm. Foto Rafael Bañón

principalmente en el hemisferio sur, incluido el atlántico suroccidental.

El colmilludo de profundidad (*Anoplogaster cornuta*) es bastante más grande, pues llega a alcanzar los 18cm de largo, se lo ha encontrado en todos los mares tropicales y templados en profundidades que van de los 500m a los 5000m, es decir, desde la zona mesopelágica a la abisal, si bien ejemplares juveniles han sido capturados a pocos metros de la superficie.

Los peces recolectados a mayor profundidad a la fecha son el pez babosa *Pseudoliparis amblystomopsis* y la brótola abisal *Abyssobrotula galathea*, fotografiado el primero a 7700m en la fosa del Japón, y atrapado el segundo a 8370m en la de Puerto Rico.

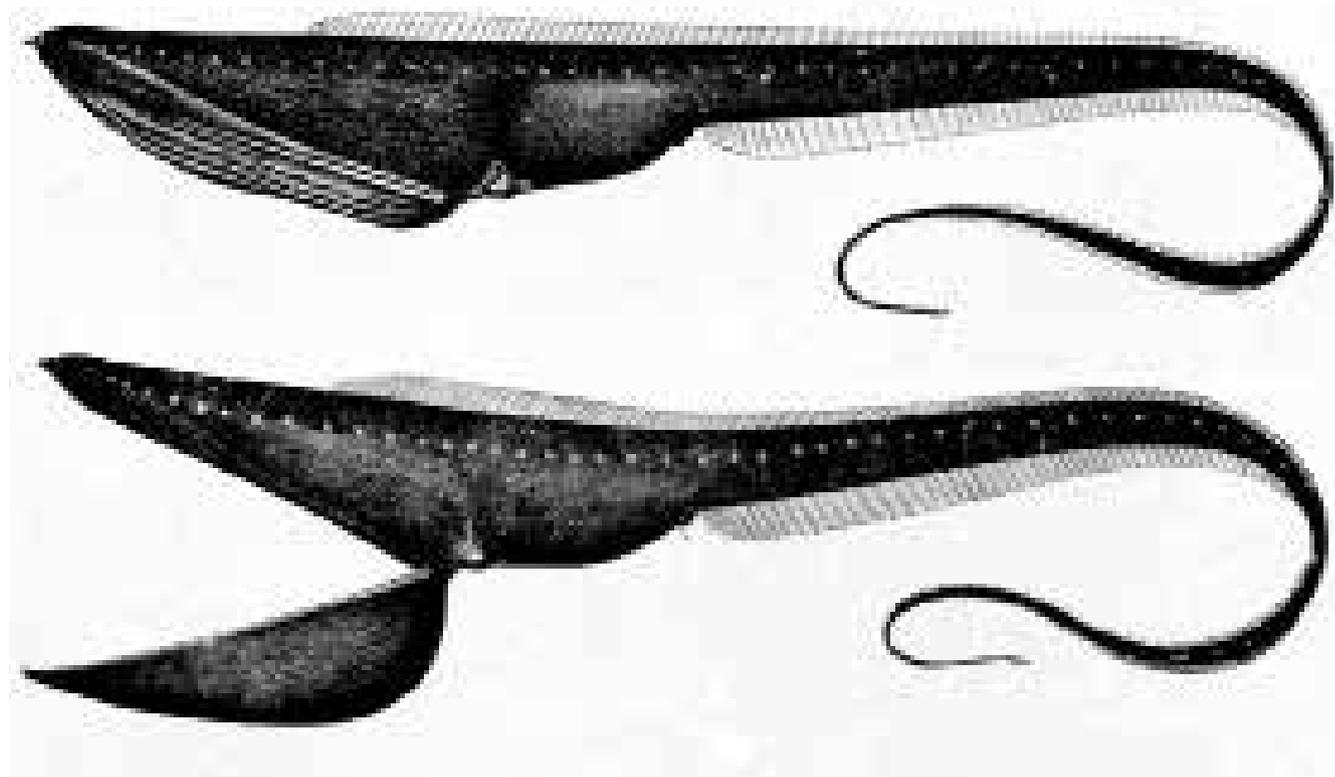


Adaptaciones de los peces a las aguas profundas

Entre las dificultades con que se enfrentan los peces que habitan aguas profundas están las consecuencias de la presión hidrostática creada por el peso de la columna de agua que tienen por encima. Si bien no deben resistirla porque su presión interior suele ser la misma que la del entorno, la padecen algunas de sus estructuras sensibles a variaciones de volumen, por ejemplo, la vejiga gaseosa, ya que es difícil agregar gas a un recipiente en el que este está bajo presión.



Derecha. Peces capturados en el Atlántico suroccidental a 900m de profundidad, cerca del límite inferior de la zona mesopelágica.



Anguila pelícano (*Eurypharynx pelecyanoides*). Lámina 49 de Goode GB & Bean TH, *Oceanic Ichthyology*, Smithsonian Institution-US National Museum, Washington DC, 1896.

No sorprende, pues, que la mayoría de esos peces perdieran sus vejigas y adquirieran en cambio rasgos anatómicos, como una débil musculatura y un esqueleto pobremente osificado, que les confieren una flotabilidad neutra –la capacidad de flotar entre dos aguas a la profundidad en que viven– con un gasto mínimo de energía. Otros, en cambio, desarrollaron vejigas natatorias llenas de grasa, que, al ser relativamente incompresibles y de menor peso específico que el agua de mar, contribuyen a proveer dicha flotabilidad.

La visibilidad debajo del agua depende de varios factores, entre ellos las partículas que puede haber en suspensión, que normalmente aumentan cerca de la costa. Mar adentro, la luz visible para el ojo humano se extingue completamente en torno a los 200m de la superficie. Pero como los peces de profundidad son de quince a treinta veces más sensibles a la luz que los humanos, pueden detectar luz hasta los 1300m. Los que viven a esas profundidades, es decir, en la zona mesopelágica, tienen enormes ojos tubulares que llegan a ocupar el 50% de la longitud de sus cabezas, además de grandes pupilas y lentes, que contribuyen a incrementar la sensibilidad del ojo a la luz en 10% y también a resaltar la percepción de profundidad por la imagen binocular.

Más allá, en la zona batipelágica, todos los peces viven en permanente oscuridad y sus ojos probablemente solo detecten bioluminiscencia. Pero algunos dispo-

nen de mecanismos sensoriales para percibir las ondas de presión que generan los animales al nadar, lo que compensa la falta de visión; tienen, por ejemplo, receptores llamados *neuromastos* a lo largo del cuerpo, que advierten los movimientos de agua y envían esa información al cerebro. Es, por así decirlo, una forma de tacto a distancia.

Cómo los peces de aguas profundas se procuran su alimento varía con las especies y está estrechamente correlacionado con la morfología de cada una. En cuanto a la dieta, existen peces generalistas y otros especialistas. Están los que consumen peces (piscívoros), los que se alimentan de pequeños organismos del plancton (zooplantívoros), los que predan sobre invertebrados del fondo marino (bentófagos) y los que se nutren de organismos muertos (necrófagos). Hay cazadores activos o quienes simplemente esperan la llegada del almuerzo. Ciertas especies realizan migraciones verticales diarias en busca de alimento mientras otras dependen de la lluvia de organismos muertos que desciende hacia el fondo. No solo llama la atención el trágico de las profundidades, que puede deglutir presas con un volumen mayor que el propio; la anguila pelícano (*Eurypharynx pelecyanoides*) engulle enormes cantidades de invertebrados que procesa con unos pequeños dientes.

En materia reproductiva, un factor a tener en cuenta es que a los peces que habitan las aguas profundas no les es fácil encontrarse con potenciales parejas debido

a la baja densidad de individuos de cada especie en las aguas que los circundan. Puede haber, por ejemplo, una hembra cada 800.000m³, lo que equivaldría para el macho a buscar una pelota de fútbol en un gran estadio totalmente oscuro. Esto podría explicar que haya especies hermafroditas, en las que cada individuo posee órganos sexuales masculinos y femeninos. Las distintas adaptaciones reproductivas que produjo la evolución posibilitó la exitosa supervivencia de los peces de las profundidades en esos ambientes extremos. Algunas especies exhiben patrones específicos por sexo en los fotóforos, otras producen sonidos por acción de la musculatura de la vejiga gaseosa; en casi todas, machos y hembras suelen ser muy diferentes, es decir, existe extremo *dimorfismo sexual*.

Tiburones y rayas

Tradicionalmente se acostumbra a dividir los peces en dos grandes grupos: los dotados de esqueleto óseo interno, llamados osteíctios, y aquellos con esqueleto cartilagenoso, o *condrictios*. Estos incluyen a los tiburones, las rayas y las menos comunes quimeras u holocéfalos. Si bien los condrictios colonizaron las aguas profundas, no son frecuentes por debajo de los 3000m, y están casi ausentes pasados los 4000m. Las causas de lo anterior no se tienen claras, pero posiblemente residan en determinadas interacciones de factores fisiológicos y ecológicos.

Así, la *osmorregulación*, es decir el mantenimiento de concentraciones adecuadas de agua y sales, basada en la concentración de urea en la sangre, puede ser problemática por las bajas temperaturas y la altísima presión. Por

otro lado, la ausencia de vejiga gaseosa en los condrictios se ve compensada por un gran hígado rico en lípidos de baja densidad, como el *escualeno*, de modo que ese órgano les provee tanto flotabilidad hidrostática como una reserva de energía. Así, los tiburones de aguas profundas tienen hígados excepcionalmente grandes, que ocupan hasta 25% de su masa corporal. Sin embargo, a los peces de los fondos abisales les resulta casi imposible la acumulación de lípidos en el cuerpo, por la pobreza de nutrientes que impera allí, de suerte que, para lograr una flotabilidad equivalente, su costo energético es entre 100 y 1000 veces mayor que el pagado por los peces óseos cuando inflan la vejiga natatoria.

Si bien los condrictios están en gran parte ausentes de profundidades mayores a los 3000m, varias especies han colonizado las aguas en torno a esa cota. Entre ellas hay rayas y quimeras, que son ovíparas, y tiburones, que son vivíparos no placentarios, pues el embrión se nutre exclusivamente del vitelio (la yema del huevo). En el cañón submarino de Mar del Plata se capturó una raya erizo (*Amblyraja doellojuradoi*) a 1400m y se vieron cápsulas de huevos de la raya del género *Bathyraja* a 1700m. El record lo tiene la raya de Bigelow (*Rajella bigelowi*), que habita el Atlántico norte y central, que ha sido registrada a 4156m de la superficie, mientras que entre los tiburones ese record está en poder del pequeño tollo cigarro (*Isistius brasiliensis*), de 50cm de largo, que ha sido registrado a 3700m de profundidad y cuyo cuerpo se encuentra cubierto ventralmente de fotóforos. De los tiburones de gran porte, el dormilón del Pacífico (*Somniosus pacificus*), que supera los 4m de largo, ha sido filmado a 2200m. Finalmente, entre los holocéfalos, la quimera de ojo chico (*Hydrolagus affinis*) puede alcanzar los 3000m. 

LECTURAS SUGERIDAS

COTTON CF & GRUBBS RD, 2015, 'Biology of deep-water chondrichthyans. Introduction', *Deep-Sea Research II. Tropical Studies in Oceanography*, 115: 1-10.

FIGUEROA DE, DÍAZ de ASTARLOA JM & MARTOS P, 1998, 'Mesopelagic fish distribution in the southwest Atlantic in relation to water masses', *Deep-Sea Research I. Oceanographic Research Papers*, 45, 2/3: 317-332.

NOUVAIN C (ed.), 1997, *The Deep*, The University of Chicago Press.

PIETSCH TW, 2009, *Oceanic Anglerfishes. Extraordinary diversity in the deep sea*, University of California Press.

RANDALL DJ & FARRELL AP (eds.), 1997, *Deep-Sea Fishes*, Academic Press, San Diego CA.

TREBERG JR & SPEERS-ROESCH B, 2016, 'Does the physiology of chondrichthyan fishes constrain their distribution in the deep sea?', *Journal of Experimental Biology*, 219: 615-625.



Juan Martín Díaz de Astarloa

Doctor en ciencias biológicas, UNMDP.
Investigador principal en el IIMYC, UNMDP-Conicet.
Profesor titular, UNMDP.
astarloa@mdp.edu.ar



Ezequiel Mabragaña

Doctor en ciencias biológicas, UNMDP.
Investigador adjunto en el IIMYC, UNMDP-Conicet.
emabragaa@mdp.edu.ar